

Année 1929

THÈSE

N° 463

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

par

CLAUDE GONNET

Né le 15 Mars 1904

à PARIS

Réactions Psychomotrices
et Fatigue

(ÉTUDE EXPÉRIMENTALE)

IMPRIMERIE MOUYSET

203, Rue d'Alésia, 203

PARIS

—
1929

ONE

1000

Reactions Psychomotrices et Fatigue

PAR M. L. L. L.

1912

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1929

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

par

CLAUDE GONNET

Né le 15 Mars 1904

à PARIS

Réactions Psychomotrices et Fatigue

(ÉTUDE EXPÉRIMENTALE)

IMPRIMERIE MOUYSET

203, Rue d'Alésia, 203
PARIS

—
1929

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale.....	CUNÉO.
Physiologie	ROGER
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	LEMIERRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale.....	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales.....	N...
Pathologie médicale	N...
Pathologie chirurgicale	LECÈNE.
Anatomie pathologique	FOUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale.....	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène et médecine préventive.....	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie.....	MÉNÉTRIÉR.
Pathologie expérimentale et comparée.....	BATHERY.
Hydrologie thérapeutique et climatologie.....	Maurice VILLARET.
Clinique médicale	CARNOT.
	BEZANÇON.
	ACHARD.
	Marcel LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance.....	LEREBOULLET.
Clinique des maladies des enfants.....	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.....	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux.	GUILLEIN.
Clinique des maladies infectieuses	TEISSIER.
	DELBET.
Clinique chirurgicale	HARTMANN.
	LEJARS.
	GOSSET.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	LEGUEU.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	BRINDEAU.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie.....	OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale.....	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale.....	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la tuberculose.....	LÉON BERNARD.
Professeur sans chaire.....	BRANCA.
Professeur sans chaire.....	MAUCLAIRE.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

	MM.
Neurologie et psychiâtrie	ALAJOUANINE.
Pathologie médicale	AUBERTIN.
Pathologie médicale	BÉNARD Henri.
Physiologie	BINET.
Chimie biologique	BLANCHETIÈRE.
Pathologie chirurgicale	BROCQ.
Pathologie médicale	BRULÉ.
Pathologie chirurgicale	CADENAT.
Pathologie médicale	CATHALA.
Pathologie médicale	CHABROL.
Pathologie médicale	CHEVALLIER.
Pathologie médicale	DE GAUBART D'ALLAI
Pathologie chirurgicale	DOGNON.
Physique	DONZELOT.
Pathologie médicale	ECALLE.
Obstétrique	FÉY.
Urologie	GARNIER.
Pathologie expérimentale	GASTINEL.
Bactériologie	GATELLIER.
Pathologie chirurgicale	GIRQUÉ.
Histologie	HARVIER.
Pathologie médicale	HOVELACQUE.
Anatomie	HUTINEL.
Pathologie médicale	JOANNON.
Hygiène	JOYEUX
Parasitologie	LABBÉ Henri.
Chimie biologique	LAROCHE Guy.
Pathologie médicale	LEMAITRE.
Oto-rhino-laryngologie	LEROUX.
Anatomie pathologique	LEVEUF.
Pathologie chirurgicale	LIAN.
Pathologie médicale	MERCIER Fernand.
Pharmacologie	MONDOR.
Pathologie chirurgicale	MOREAU.
Pathologie médicale	MOULONGUET.
Pathologie chirurgicale	MOURE.
Pathologie chirurgicale	MULON.
Histologie	OBERLING.
Anatomie pathologique	OLIVIER.
Anatomie	PIÉDELIÈVRE.
Médecine légale	PORTES.
Obstétrique	QUÉNU.
Pathologie chirurgicale	RICHET.
Physiologie	SÈZARY.
Dermatologie et syphiligraphie	VALLERY-RADOT.
Pathologie médicale	(Pasteur).
Obstétrique	VAUDESCAL.
Ophthalmologie	VELTER.
Histologie	VERNE.
Obstétrique	VIGNES.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS EN EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.		MM.	
BUSQUET.....	Obstétrique.	NEVEU-LEMAIRE....	Parasitologie.
GUÉNIOT.....	Obstétrique.	RETTERER.....	Histologie.
LEQUEUX.....	Obstétrique.	ZIMMERN.....	Physique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
ALGLAVE.....	Clinique chirurgic.	LÉRI.....	Clinique médicale.
AUVRAY.....	Clinique chirurgic.	MOCQUOT.....	Clinique chirurgic.
CHEVASSU.....	Clinique chirurgic.	PROUST.....	Clinique chirurgic.
LAIGNÉL-LAVASTINE	Clinique médicale.	SCHWARTZ.....	Clinique chirurgic.
LE LORIER.....	Clinique obstétric.		

V. — CHARGÉS DE COURS

MM.	MAUCLAIRE, professeur sans chaire	} Chargé du cours de chirurgie orthopé- dique chez l'adulte pour les acci- dents du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes.
FREY		
CHAILLEY-BERT		
LEDoux-LEBARD		
WEIL-HALLÉ		
		Stomatologie.
		Education physique.
		Radiologie clinique.
		Puériculture.

A MA MÈRE

En gage de profonde affection.

A MON PÈRE

Qui a fait beaucoup pour moi.

A MA GRAND'MÈRE

Témoignage de reconnaissance.

A MA SŒUR

Affectueusement.

A MES AMIS

A M. LE PROFESSEUR H. ROGER
Doyen de la Faculté de Médecine de Paris,
Professeur de physiologie
Membre de l'Académie de Médecine

*Pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant
la présidence de cette thèse.*

A M. LE PROFESSEUR AGRÉGÉ LÉON BINET

Pour tous les conseils qu'il nous a très aimablement donnés au cours de ce travail.

A M. LE DOCTEUR GARRELON

Chef du Laboratoire des Travaux pratiques de Physiologie
à la Faculté de Médecine

Qui a inspiré cette thèse et a guidé nos expériences.

Témoignage de profonde gratitude.

A M. LE MÉDECIN LIEUTENANT-COLONEL BELLOT
Médecin chef de l'Ecole d'Education physique de Joinville

A M. LE MÉDECIN LIEUTENANT-COLONEL BEYNE
Chef du Laboratoire d'études médico-physiologiques
de l'Aéronautique

Hommage respectueux.

A MES MAÎTRES DANS LES HÔPITAUX DE LYON

A MES MAÎTRES DANS LES HÔPITAUX DE PARIS

- | | |
|---------|------------------------------------|
| 1925 | M. LE DOCTEUR CAUSSADE. |
| 1925-26 | M. LE PROFESSEUR LEREBoulLET. |
| 1926-27 | M. LE PROFESSEUR AGRÉGÉ A. BASSET. |
| 1927-28 | M. LE DOCTEUR BOUCHET. |
| 1929 | M. LE PROFESSEUR SÉBILEAU. |

A MES MAÎTRES DE LA FACULTÉ ET DU VAL-DE-GRACE

INTRODUCTION

Au début du xviii^e siècle, Vauban, faisant exécuter de très grands travaux de terrassement sélectionna par un véritable chronométrage de leurs gestes utiles, les ouvriers qu'il devait employer. Il fut par là, le précurseur du système utilisé plus tard en Amérique par l'ingénieur Taylor.

Depuis ce temps, de nombreux physiologistes se sont efforcé de découvrir un critère scientifique, pour la sélection de certains travailleurs ou spécialistes. A notre époque de machinisme intensif, l'importance de semblables recherches n'est pas discutable, surtout lorsqu'il s'agit du choix de sujets dont la rapidité, la précision des mouvements est capitale.

C'est dans ce sens que J. Lahy a établi, en 1908, une méthode d'examen des conducteurs de tramways. Pendant la guerre, Jean Camus, sollicité par le gouvernement, a mis au point un procédé de sélection des aviateurs ; à l'étranger, le même courant de recherches a continué où s'inscrivent les noms de Gemelli, Gradenigo, Munsterberg, Stratton, Flack.

L'analyse des réactions fonctionnelles de l'organisme humain, dans un but de sélection, a donné nais-

sance à des méthodes précises dont l'ensemble forme la psychotechnique. Quelques grandes entreprises ont compris l'intérêt qu'elles pourraient tirer de cette science nouvelle.

La Société des Transports en commun de la région parisienne possède, depuis plusieurs années, un laboratoire pour le choix de ses machinistes. Le nombre des candidats examinés chaque année est d'environ 4.000; tous sont des hommes sains et l'épreuve qu'ils subissent n'a pour but que d'opérer parmi eux un classement par valeur psychomotrice. La méthode créée par M. Lahy peut se résumer en cinq tests principaux :

1. Suggestibilité motrice ;
2. Attention diffusée avec excitations visuelles ;
3. Attention diffusée avec excitations visuelles et auditives combinées ;
4. Régularité des temps de réaction ;
5. Homogénéité des temps de réaction.

Les résultats pratiques obtenus dès le début furent remarquables.

Voici ce qu'écrit à ce sujet M. L. Bacqueyrisse, directeur général de cette Société : « Nous avons relevé le nombre d'accidents occasionnés pendant leur première année de service d'une part par 100 machinistes sélectionnés ; d'autre part, par 100 machinistes

non sélectionnés : nous avons ainsi constaté que le nombre moyen d'accidents causés par le premiers était de 16,5 % inférieur au nombre de ceux causés par les seconds » (1).

Au cours de ce travail, nous ne nous occupons que de ce qui concerne les temps de réaction psychomotrice. Nous avons essayé d'apporter notre contribution aux travaux antérieurs par des expériences que nous avons entreprises au laboratoire des travaux pratiques de physiologie, sous la direction de M. L. Garrelon, chef des travaux. Par ces expériences, nous essayons de montrer les variations des temps de réaction au cours de la fatigue, et surtout les étapes du retour au calme, cette dernière question n'ayant pas été envisagée jusqu'alors.

(1) L. BACQUEYRISSE. Préface du livre de M. J. LAHY : « La sélection psycho-physiologique des travailleurs, conducteurs de tramways et d'autobus ». Paris, Dunod, 1927.

REACTIONS SIMPLES ET REACTIONS DE CHOIX

Le temps de réaction est celui qui sépare l'instant où nous percevons une sensation (tactile, visuelle, auditive) et l'instant où nous réagissons par un mouvement. Le terme d'équation personnelle, que l'on applique parfois au temps de réaction, exprime bien que cette valeur est particulièrement variable selon les individus. Il semble que l'on puisse de sa mesure tirer des conclusions intéressantes quant au bon équilibre psycho-moteur d'un sujet. Etant, de plus, somme de deux facteurs, l'un psychique (durée de la perception), l'autre neuro-moteur (durée du mouvement), la notion générale de temps de réaction se décomposera en deux catégories secondaires : 1° réactions psychomotrices simples, 2° réactions de choix.

Dans le premier cas, l'on s'efforce de mesurer la vitesse neuro-musculaire pure et pour cela on limite le plus possible l'intervention cérébrale (celle-ci n'étant représentée que par la durée de la perception). Dans le second cas, on augmentera, au contraire, le temps psychique, en obligeant le sujet à accomplir un acte cérébral dont la durée venant s'ajouter à la durée de la perception l'allongera d'autant plus que cet acte sera plus complexe.

Pour bien saisir la différence qui existe entre réactions simples et réactions de choix, imaginons un dispositif (purement théorique) par lequel le signal sensoriel sera donné au sujet par l'allumage d'une lampe électrique, sa réponse par la pression d'un unique bouton. Si le signal visuel déclanche le mouvement d'un chronomètre et si la réponse du sujet l'arrête, la lecture du chronomètre donnera bien la durée de réaction simple (temps neuro-musculaire) telle que nous l'entendons.

Opposons à cette première expérience les résultats obtenus, en allumant devant les yeux du sujet, non pas une seule lampe, mais l'une des trois lampes (bleue, blanche, rouge), celui-ci devant accomplir un mouvement déterminé pour chacune de ces trois sensations : pression d'un des trois boutons (bleu, blanc, rouge). La durée neuro-musculaire pure, telle que nous l'avons définie, sera allongée d'une certaine quantité représentant un temps cérébral (temps de réflexion); la somme des deux représente le temps de choix.

Pourtant cette valeur est variable pour un même sujet selon les modalités de l'expérience. Relativement peu supérieur au temps de réaction simple si l'opération cérébrale est directe (par exemple : lampe rouge, bouton rouge), elle sera très supérieure si elle est complexe (lampe rouge, bouton blanc).

Pour le genre d'investigation que nous projetons, nous nous occuperons surtout des temps de réactions

simples qui, quels que soient les appareils employés pour leurs mesures, présentent une grande constance, ce qui permet de comparer ces temps les uns aux autres, soit chez un même individu, soit chez des individus différents.

REACTIONS PSYCHO-MOTRICES SIMPLES

L'intervalle écoulé entre la mise en jeu d'une excitation sensorielle et la réponse d'un sujet par un acte volontaire simple, telle sera donc la définition du temps de réaction simple.

Les chiffres obtenus par JEAN CAMUS sont :

Temps de réactions auditives	14,70	centièmes de secondes
— — — visuelles	19,60	— — —
— — — tactiles	15,00	— — —

Ces valeurs représentent le temps de réaction commun au plus grand nombre de sujets normaux examinés ; ils n'ont par là que les caractères d'une moyenne. Toutefois, on peut établir deux limites (maxima et minima), circonscrivant une zone, hors de laquelle les temps sont anormalement allongés ou raccourcis.

Chez un sujet normal, au cours de mesures successives, la constance des chiffres obtenus est remarquable : « deux examens corrects sont superposables chez un réacteur normal » (A. VINCENT). Cette superposition persiste des mois, un an, s'il n'y a aucune altération physique ou psychique intercurrente.

De plus, les chiffres normaux présentent des variations selon les jours, les heures, l'alimentation ; ces caractères faisant ainsi entrer la notion de temps, de réaction, dans le cadre général des fonctions biologiques (tension artérielle, température, etc.).

LES APPAREILS DE MESURE

Ils sont très nombreux. Un des plus simples est celui de Starling. Nous en empruntons la description à M. BOIGEY :

« Cet appareil se compose essentiellement d'une planchette sur laquelle est fixé un tube de caoutchouc fermé à l'une de ses extrémités et conjugué à l'autre extrémité avec un tambour inscripteur. Deux touches de bois légères, articulées avec la planchette, reposent sur le tube de caoutchouc et permettent de le déprimer. Chaque fois que l'on provoque sa dépression, la variation de pression qui se produit dans le tube de caoutchouc, est transmise au tambour inscripteur, qui mobilise le stylet. Le dispositif de l'expérience est le suivant : un bandeau épais et large, est placé sur les yeux et les oreilles du sujet à examiner, de manière à l'isoler autant que possible du milieu extérieur, à supprimer le contrôle de la vue et de l'ouïe, enfin à ne lui laisser que son système de sensibilité cutanée pour recevoir les impressions venues du dehors. Cette précaution préalable prise, nous plaçons ces deux index au contact de chacune des extrémités libres des petites touches de bois. Un signal électrique relié au diapason qui lui imprime 100 vibrations par seconde permet d'inscrire préalablement la ligne ondulée des temps sur un cylindre enregistreur. Chaque ondulation de cette ligne correspond à $1/100^e$ de seconde.

Ces dispositions étant prises, on excite par une percussion aussi brève que possible l'un des index du sujet observé et on demande à ce dernier de répondre à cette excitation, en agissant sur l'autre touche avec l'index non percuté. Le temps est compté grâce aux ondulations du diapason à $1/100^{\circ}$ de seconde près.

Ce procédé fort simple pour mesurer les temps de réactions tactiles d'un sujet et comparer ces temps à eux-mêmes au cours d'épreuves faites dans diverses conditions serait insuffisant s'il fallait comparer ces temps à des temps tels que ceux donnés par J. CAMUS; cet appareil semblant comporter un temps perdu considérable. Le chronographe électrique du Professeur d'ARSONVAL est beaucoup plus couramment employé.

Un mouvement d'horlogerie très précis, équilibré par un régulateur de force centrifuge, actionne une aiguille à la vitesse de un tour par seconde. Le pivot de cette aiguille est soumis à l'action d'un électro-aimant de telle sorte que l'aiguille reste immobile tant que le courant passe, au contraire elle suit le mouvement d'horlogerie chaque fois que le courant est interrompu. Le cadran étant divisé en 100 parties égales, on peut mesurer le temps à $1/100^{\circ}$ de seconde près. Le signal est donné par un petit marteau tenu par l'observateur et la réponse par une presselle que le sujet tient à la main.

Il en résulte que pour prendre un temps de réaction, le sujet et l'opérateur étant dans les conditions

requis, on procède de la façon suivante : le mouvement d'horlogerie est mis en marche, et l'on note la position de l'aiguille sur le cadran : supposons qu'elle soit au chiffre 15. L'opérateur donne le signal avec le marteau et le sujet indique qu'il a perçu la sensation, en fermant la presselle qu'il tient à la main. Noter la nouvelle position de l'aiguille ; supposons qu'elle soit au chiffre 31,5, le temps de réaction sera $31,5 - 15 = 16,5$.

La mesure des temps de réaction psycho-motrices peut ainsi paraître simple. Il n'en est rien et l'expérimentateur qui voudrait tirer des conclusions de chiffres obtenus sans méthode préalable se heurterait à des mécomptes.

Les lois de la psycho-physiologie moderne établissent en effet que lorsqu'on part du seuil de la sensation, les temps de réactions psycho-motrices décroissent en fonction des intensités d'excitation (WUNDT-PIERON). Ce raccourcissement tend vers une limite et ce n'est que lorsqu'on atteint cette limite que l'on peut parler de la durée spécifique des temps de réactions psychomotrices. Donc cette mesure n'aura de valeur que si la quantité d'excitation (tactile, auditive et visuelle) se trouve assez loin du seuil. Des excitations fortes succédant à des excitations faibles donneraient des résultats incohérents.

De plus, lorsqu'il s'agit de sensations tactiles, il faut encore tenir compte de la quantité d'excitant,

car les temps ne sont pas de même durée selon qu'ils se rapportent à la sensibilité superficielle ou profonde.

« Les données actuelles de la neurologie établissent
« combien sont distinctes l'une de l'autre les sensibi-
« lités cutanées et profondes. Nombreux sont en effet
« les malades qui présentent une sensibilité profonde
« très altérée, avec une sensibilité cutanée intacte (non
« perception des vibrations d'un diapason et sensation
« nette de flocons d'ouates et vice-versa). J. BEYNE
et P. BEHAGUE ».

Enfin, il faut faire intervenir une notion récente de psycho-physiologie, qui est l'attitude du sujet. Cette notion paraissant capable d'allonger ou de raccourcir le temps de réaction. Il y a deux attitudes : l'attitude sensorielle et l'attitude motrice ; cette dernière paraissant susceptible de raccourcir les temps de réaction. Or, ces attitudes mentales dépendent soit de la consigne donnée au sujet, s'il est assez ouvert pour la comprendre, soit de l'intensité de l'excitation : les excitations fortes permettant de prendre l'une ou l'autre, mais prédisposant considérablement pour l'attitude motrice ; les excitations faibles ne permettant que l'attitude sensorielle.

Nous avons d'ailleurs pu constater nous-mêmes les difficultés qui entourent la mesure des réactions psycho-motrices. Dans chacune des expériences que nous avons réalisées et qui sont notées à la fin de ce

travail, nous nous sommes efforcés de respecter les lois énoncées ci-dessus et nous avons placé le sujet dans les conditions les plus favorables : pièce calme, éloignement des appareils, repos entre plusieurs examens, etc. Nous avons observé que la mesure des temps auditifs est la plus facile, la moins sujette à erreurs, celle des temps visuels est la plus difficile, donnant des résultats très inconstants.

Voici ce qu'écrit H. VINCENT : « Les réactions
« auditives exigent beaucoup moins de contention
« d'esprit que les visuelles. Leur moyenne normale
« est beaucoup plus fréquente. »

« Quelle que soit sa modalité, l'investigation des
« réactions visuelles donne lieu à de curieuses remar-
« ques. Le réacteur physiologique fixe l'aiguille avec
« aisance, son attitude est simplement attentive.
« L'inattentif contracte les muscles de la tête et du
« cou, du tronc, du membre supérieur qui tient l'in-
« terrupteur, ses globes oculaires se désorbitent et il
« laisse tourner l'aiguille. Il lui arrive même de ne
« pas l'arrêter du tout : il regarde, il ne perçoit pas.
« Il est des adultes dont la perception se ralentit très
« vite, bons pendant les cinq premières observations,
« ils deviennent mauvais pour les cinq suivantes et
« sont exécrables si l'on poursuit, ce sont des dépri-
« més » (1),

(1) Note à la Société de Biologie, 24 avril 1920.

Le laboratoire du Val-de-Grâce pour l'examen des candidats à l'aviation est muni d'un appareil imaginé par J. BEYNE et P. BEHAGUE. Cet appareil a pour but de :

1° Déterminer des excitations suffisamment éloignées du seuil pour obtenir le temps de réaction minima ;

2° Des excitations dont la qualité et la quantité demeurent fixes ;

3° Des excitations auditives et visuelles relativement intenses ;

4° Des excitations tactiles qui d'une part sont produites de manière à ne mettre en jeu que la sensibilité cutanée pure, à l'exclusion des sensibilités profondes et qui d'autre part sont assez légères.

THEORIE DE L'APPAREILLAGE

Elle est facile à suivre sur le schéma de montage ci-joint.

Dans cet appareillage, la mesure des temps de réaction est réalisée par l'enregistrement graphique de la fermeture et de la rupture d'un courant électrique, la fermeture provoquée par l'observateur coïncidant avec le début de l'action physique excitatrice, la rupture du courant constituant précisément la réaction motrice demandée au sujet observé ; la perma-

mence du passage du courant, entre ces deux actes. étant assurée par le branchement, sur le circuit, d'un relai.

L'enregistrement graphique est réalisé par un signal électrique dont l'armature déplace une plume à encre à la surface d'un cylindre animé d'un mouvement uniforme de vitesse connue (100 millimètres à la seconde).

Une source électrique fournit un courant qui, partant du pôle positif, se rend à travers l'interrupteur du sujet (fermé en permanence tant que le sujet n'appuie pas sur la manette) à la clé de Morse de l'opérateur.

Ce courant ne peut passer que lorsque l'opérateur abaisse la clé de Morse sur le plot inférieur ; à ce moment, le courant traverse l'électro-aimant du relai et, par le fil commun, atteint le pôle négatif de la source ; de ce fait, l'électro-aimant du relai attire son armature et l'applique sur un plot de butée ; ainsi se trouve établi un circuit dérivé par lequel le courant passe dans l'électro-aimant du relai et continue à y passer, même lorsque l'opérateur cesse d'appuyer sur le levier de la clé de Morse et la laisse remonter à sa position de repos.

Mais le courant passant maintenant en permanence, lorsque la clé de Morse abandonnée à elle-même revient à l'appui sur son contact supérieur, ce

contact a pour effet de fermer simultanément deux dérivations :

1° Une dérivation qui fait passer le courant dans le signal de l'enregistreur ; ce signal attire son armature, et la plume qui en est solidaire vient inscrire son déplacement sur le cylindre, repérant ainsi exactement le moment où les deux dérivations ont été établies ;

2° Une dérivation qui vient actionner l'un des appareils générateurs d'excitations sensorielles ; au moyen d'un commutateur à plusieurs directions, le courant peut en effet être dirigé à volonté dans l'ap-

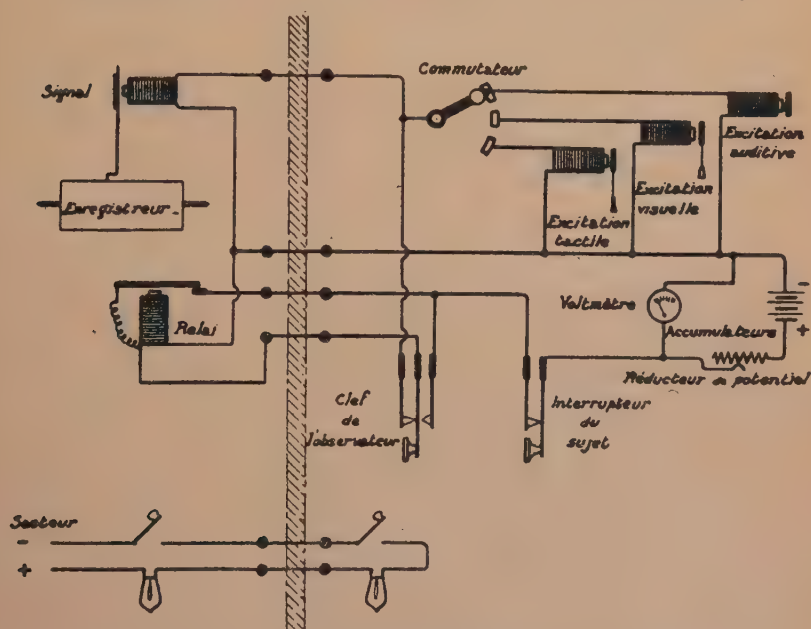


Schéma électrique

pareil producteur de l'excitation qu'on veut étudier (excitation visuelle, auditive ou tactile).

Le courant continue à passer dans l'appareil excitateur et dans le signal tant que le sujet observé n'appuie pas sur l'interrupteur dont il dispose : lorsque le sujet actionne cet interrupteur, tous les circuits sont coupés en même temps : la plume du signal retombe, enregistrant le moment de la réaction motrice du sujet, l'appareil excitateur cesse de fonctionner, le relai laisse retomber son armature à sa position de repos.

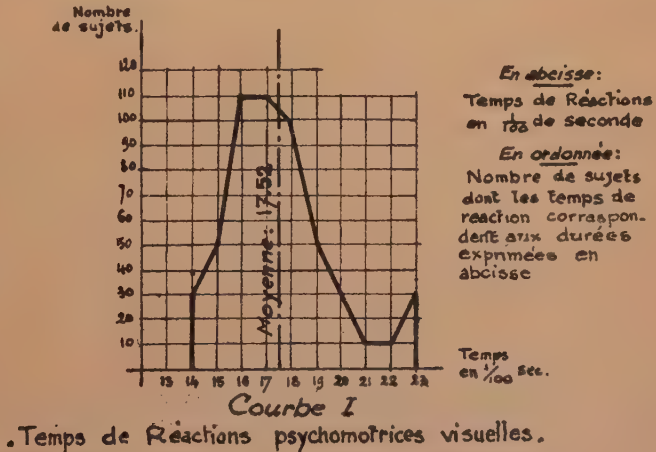
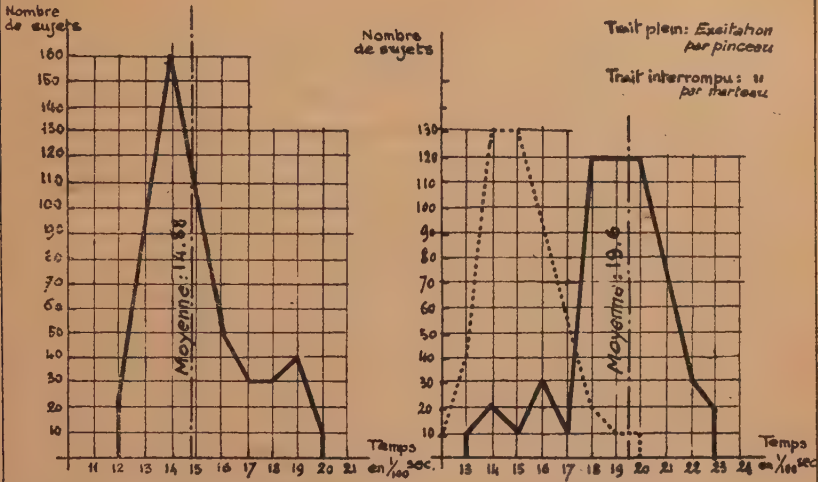
La longueur de papier qui sépare les deux mouvements de la plume du signal permet alors d'évaluer le temps qui s'est écoulé entre le début de l'excitation et la réaction du sujet.

A l'aide de cet appareil, ces auteurs ont examiné 500 sujets de 18 à 25 ans, sains, entièrement normaux. Ils ont représenté les durées des réactions psychomotrices visuelles, auditives et tactiles par des courbes de fréquence (1).

Dans ces courbes, les différentes durées observées s'inscrivent en abscisse, tandis que le nombre des cas correspondant à chaque durée est exprimé par les ordonnées.

Chez leurs sujets, l'indice de régularité des temps de réaction est exprimé par l'écart moyen existant

(1) Compte rendu à l'Académie des Sciences, 8 mai 1922.



entre la valeur absolue de 10 réactions et la moyenne de ces valeurs. Ces écarts moyens sur lesquels le Professeur Charles RICHEL a attiré l'attention oscillent entre les valeurs suivantes exprimées en $1/100^{\circ}$ de seconde.

	Chiffre mini- mum	Chiffre maxi- mum	Moyenne
Réactions visuelles	0,42	2,7	1,55
— auditives	0,33	2,24	1,25
— tactiles	1,7	3,5	2,26

LES CHIFFRES OBTENUS

Dans la *Gazette des Hôpitaux* du 8 juin 1922, nous trouvons les temps de réactions simples obtenus par les différents auteurs et commentés par MM. J. BEYNE et P. BEHAGUE.

« Pour ce qui est des réactions visuelles et auditives, disent-ils, nos résultats sont très comparables à ceux qui ont été recueillis par différents auteurs et dont les valeurs moyennes en centièmes de seconde s'expriment comme suit :

	Réactions visuelles		Réactions auditives	
	Durée	Ecart	Durée	Ecart
	moyenne	moyen	moyenne	moyen
Camus et Nepper.....	19,6		14,7	
Maublanc et Ratié.....	19		14,5	
Guillain et Ambard....	17,20		14,15	
Vincent	20,5		14	
H. Pieron	21,9	1,14	17,2	1,72
—	29,7	3,10		
Cattell et Berger	19,8	1,6		
—	15,3	1,9		
Saffiotti	17,20	au-dessous	13,15	
Wundt		de 3	13,5	

Pour les réactions tactiles, nous nous trouvons assez loin des chiffres moyens obtenus par :

Camus et Nepper.....	15	cent. de seconde	avec des appareils
Maublanc et Ratié.....	14	—	pratiques
Guillain et Ambard...	13,14	—	

Mais nous nous rapprochons au contraire singulièrement des résultats obtenus avec des appareils de laboratoire par :

Pieron	21,9	cent. de seconde
Kiesow	20,22	—
Herlitzka	20	—

« Cette différence systématique d'environ 5 à 6 centièmes de seconde entre les deux groupes de résultats est d'interprétation difficile.

« Résulte-t-elle de ce que le sujet sollicité par des excitations fortes se met en attitude motrice dans le premier groupe d'expérience, tandis que les excitations légères du deuxième lui imposent une attitude sensorielle? Et dans cette hypothèse la zone initiale de notre graphique représenterait les sujets qui échappent à cette contrainte. Ou bien s'agit-il d'une différence imputable à ce que dans les expériences du Professeur HERLITZKA comme dans les nôtres, les excitations ne mettaient en jeu que la sensibilité cutanée pure. (Les excitations tactiles réalisées dans nos expériences par le frôlement d'un pinceau, l'étaient dans le dispositif du Professeur Herlitzka par un courant d'air.) Et la durée de 20 centièmes de seconde représenterait-elle la moyenne des temps de réactions tactiles vraies? »

LES APPLICATIONS

Avant 1914, Hugo MUNSTERBERG avait démontré par ses recherches expérimentales sur les conducteurs de tramways, de navires, d'automobiles, etc., que le choix de ces ouvriers, qui doivent accomplir un travail dans lequel la moindre erreur peut entraîner de

graves conséquences, ne doit point être fait exclusivement sur un examen superficiel des aptitudes physiques et psychiques. Les recherches de Munsterberg entreprises sur la demande de Sociétés d'assurances et de Sociétés industrielles, ont démontré clairement que pour chaque travail et spécialement pour ceux qui exigent une grande rapidité de perception et une non moins grande rapidité pour décider ce qu'il faut faire et pour l'exécuter, on doit d'abord déterminer quelles sont les aptitudes psychiques qu'exige ce travail, soit à cause des circonstances dans lesquelles il s'accomplit, soit à cause des actions psycho-motrices qu'il requiert.

Déjà, dans l'examen psychologique des candidats à quelques travaux, on avait essayé de reproduire dans le laboratoire les conditions dans lesquelles se trouve l'ouvrier durant le travail. Naturellement, il ne s'agit pas de réaliser les conditions externes de ce travail, mais les conditions, je dirai internes, c'est-à-dire celles qui ont une influence directe sur la conduite psychique. Ainsi Munsterberg, dans l'examen des conducteurs de tramways, a vu que l'on avait un bon résultat en calculant les erreurs qu'ils commettaient dans l'interprétation d'un certain nombre de combinaisons, de signes conventionnels représentant les obstacles devant lesquels ils peuvent se trouver à chaque instant. Mais comme Munsterberg l'a observé lui-même, si cela est suffisant pour les travaux simples — et qui par con-

séquent ne mettent en jeu qu'un nombre limité d'aptitudes et de processus psycho-physiques — il n'en est plus de même pour les travaux qui exigent un ensemble d'aptitudes diverses.

A. GEMELLI, plus tard, avait voulu voir si au moyen d'un seul artifice expérimental, on pouvait examiner les candidats à l'aviation : « J'ai compté les erreurs que commettait chaque sujet en observant un carton qui tournait en face de lui, avec une vitesse variable, et sur lequel étaient indiqués par des signes conventionnels les différents obstacles. Mais je me suis bien vite aperçu que si cette méthode pouvait très bien servir pour diagnostiquer le degré d'attention du candidat ainsi que la concentration et l'extension de son attention, elle ne mettait au contraire en lumière aucun des autres processus qui doivent être examinés chez chaque pilote ».

C'est ce qui a conduit cet auteur à mettre au point une méthode qui est comparable à celle que Jean CAMUS avait appliquée en France dès 1915.

Cette méthode comprenait deux parties :

1° La mesure des réactions psycho-motrices à l'aide du chronomètre de d'Arsonval ;

2° L'inscription par la méthode graphique de la respiration, du rythme cardiaque, des variations vaso-motrices, du tremblement, considérés comme susceptibles de traduire l'émotivité du sujet en expérience.

La méthode fut adoptée et les premiers résultats parurent dans le *Paris-Médical* du 18 mars 1916. Par la suite, NEPPER pratiqua seul ou aidé par MM. ARRON, L. BINET, TURLAIS, VALLÉE, un nombre considérable d'examens de candidats à l'aviation. Dans la pratique, on est arrivé à supprimer les réactions émotives pour ne s'attacher qu'à la valeur des temps de réaction psycho-motrice simples (visuelles, auditives, tactiles).

Ce qui fut fait en France par CAMUS et NEPPER, en Italie par GEMELLI et GRADENIGO, fut pratiqué en Allemagne, en Angleterre, en Amérique, par MUNSTERBERG, STRATTON, HENNON, THORNDIKE, FLACK, etc. Dans chacune de ces méthodes, la mesure des temps de réaction est le facteur essentiel.

Suivent quelques observations de bons et de mauvais candidats à l'aviation citées par J. CAMUS.

I. — Bon candidat :

Temps des réactions aux impressions

Visuelles	Auditives	Tactiles
20	16	15
20	14	14
19,5	13	13
19,5	15	13
18,5	13,5	16
19	15	13
19	14	12
18,5	16	14
20	16	13
		16

Moyennes	19,2	14,4	13,9
--------------------	------	------	------

II. — Mauvais candidat :

Temps de réaction psycho-motrice aux impressions

Visuelles	Auditives	Tactiles
25	24	34
26	24	26
48	23	24
26	30	24
23	33	26
32	30	27
32	33	23
25	24	39
30	22	25
33	31	25

Moyennes	30	27,4	27,3
--------------------	----	------	------

Plus loin, cet auteur rapporte également l'observation d'un jeune pilote éliminé :

« Ce jeune homme avait, du côté maternel, des antécédents héréditaires assez chargés au point de vue névropathique, lui-même dans son adolescence, avait présenté des pertes de connaissance non comitiales des migraines. Il fit quelques mois dans l'infanterie et fut évacué avec l'étiquette de neurasthénie, affecté ensuite dans l'aviation il fut de nouveau évacué au bout de peu de temps.

« Les temps des réactions psycho-motrices aux impressions visuelles varièrent de 20 à 50. Aux impressions auditives de 16 à 43 et aux impressions tactiles de 16 à 35.

« Ce sujet, d'ailleurs, se plaignait de dépression, d'asthénie matutinale, ses pupilles étant fortement dilatées, il donnait l'impression d'un névropathe traversant une période pénible. »

J. CAMUS et H. NEPPER ont voulu par la suite faire la contre-épreuve de leur méthode et se rendre compte de sa valeur, en voyant comment de bons pilotes anciens et éprouvés se comporteraient en face des expériences exposées ci-dessus.

« Tous les bons pilotes que nous avons examinés ont donné de bons résultats. Quelques-uns même en traitement au Grand Palais, atteints de troubles névropathiques de surmenage ont donné des moyennes notablement supérieures à beaucoup de candidats. »

P..., excellent pilote, connu par des prouesses aériennes, qui est aviateur sur le front russe depuis le début de la guerre.

Temps des réactions aux impressions			
	Visuelles	Auditives	Tactiles
	19	14	14
	20	14	14
	19	14	13
	20	14	13
	19	13	14
	20	13	12
	19	14	12
	20	14	14
	19	14	13
	19	14	14
Moyennes	19,4	13	13,3

D'autre part, ces auteurs ont recherché quelles étaient les modifications des temps de réactions psychomotrices et des réactions émotives chez les trépanés. Dans la plupart des cas, les réponses sont lentes.

Moyennes des temps de T. P. M. de 17 trépanés			
	Visuelles	Auditives	Tactiles
G	18,6	14,9	15,2
L	18,6	13,6	13,9
M	30,6	26,1	20,2
M	55,5	19,6	30,2
G	48,2	16,5	14,4
C	44,5	29,2	25,8

H	27,3	22,7	27,1
G	31,2	25,4	29,4
G	25,7	24,7	24,7
H	55,3	54,9	43,7
C	33,1	37,5	37,9
P	19,3	17,2	17
S	19,8	15,7	16,1
I	23,9	17,8	19,3
D	18,8	14,4	14,5
N	24,4	20,8	24,6
M	29,1	31,7	29,9
Moyennes	30,8	23,6	23,7

« Nous avons tenté vainement de rechercher un rapport entre le siège de la trépanation et la nature des troubles observés, disent-ils : nous ne pouvons, à l'heure actuelle, établir aucun lien d'une part entre la localisation des lésions, leur étendue, leur profondeur et d'autre part l'intensité ou la variété des réactions psycho-motrices ou émotives enregistrées dans nos recherches. »

M. le Professeur agrégé LÉON BINET a essayé de voir s'il existait un rapport entre l'intensité des réactions émotives et la durée des réactions psychomotrices. Voici quelles sont ses conclusions :

« Les variations dans les réactions émotives marchent-elles parallèlement avec des variations dans les réactions psycho-motrices? L'expérience a montré

qu'il n'en était rien et d'après la riche collection du Grand Palais, nous pourrions distinguer :

« 1° Des sujets de premier ordre réagissant rapidement aux impressions des sens et d'une émotivité pratiquement nulle ;

2° Des sujets ayant des réactions psycho-motrices ralenties, mais peu émotifs ;

« 3° Des sujets opposés à ces derniers (émotifs mais réagissant normalement au point de vue de la psycho-motricité) ;

« 4° Et enfin des patients défectueux au double point de vue des réactions émotives et des réactions psycho-motrices » (1).

Les tentatives de simulation sont-elles possibles ? Elles sont très facilement reconnaissables à ce que les temps de réaction sont beaucoup plus allongés et à ce que les valeurs sont dispersées irrégulièrement avec un indice de variabilité trop élevé (SAFFIOTTI).

La méthode de mesure des réactions psycho-motrices que M. J. LAHY a mise au point pour le laboratoire de la S. T. C. R. P. permet de pratiquer un très grand nombre d'examens en un temps relativement très court. Une représentation graphique ingénieuse permet également d'apprécier très rapidement le profil psycho-moteur de chaque candidat.

(1) « Recherches sur le tremblement ». Thèse médecine, Paris, 1918, p. 56 à 57.

M. J. LAHY a utilisé le chronoscope de p'ARSONVAL en y apportant quelques modifications, notamment celle qui grâce à un montage spécial permet le retour de l'aiguille au zéro, après chaque mesure, ce qui rend beaucoup plus facile la lecture des résultats.

En ce qui concerne l'intensité, le rythme et la durée de chaque excitation, l'inconvénient du chronoscope est appréciable, car ces facteurs varient avec chaque observateur. J. LAHY a inventé un appareil qui déclanche automatiquement chaque excitation avec un rythme et une intensité toujours identiques.

L'on se rend compte que les 35 mesures pour chaque candidat sont rapidement effectuées. Les résultats sont ramassés en plusieurs courbes : l'une relative à la rapidité, la seconde est celle des variations moyennes, la troisième de la variation moyenne %, la quatrième est celle du semi interquartile. Ces résultats seront comparés aux résultats obtenus dans les autres épreuves.

LES REACTIONS DE CHOIX

Pour l'examen des aviateurs, A. GEMELLI avait ajouté à la mesure des temps de réaction simple et à l'inscription graphique de l'émotivité, la mesure des temps de réaction de choix (*Rivista psicologia*, 1918).

Au début de ce travail, nous avons établi la différence existant entre temps de réactions simples et temps de réaction de choix. Les premiers mesurant la vitesse neuro-musculaire, les seconds exprimant en plus un certain temps de réflexion ou temps mental. Ce dernier est variable avec différents sujets et l'on conçoit qu'il y ait intérêt à le connaître. Nous devons à l'obligeance du médecin-colonel BELLOT, médecin chef de l'Ecole de Joinville, la description d'un appareil qu'il a imaginé avec la collaboration du capitaine BRIGAUDET. Cet appareil permet de mesurer soit le temps neuro-musculaire (vitesse moyenne de développement ou indice musculaire), soit le temps de choix, ce qui conduit, en retranchant l'un de l'autre, à connaître le temps mental ou indice de réflexion d'un sujet.

Cet appareil est utilisé à l'Ecole de Joinville pour la mesure des réactions psycho-motrices (escrimeurs, coureurs de fond ou de vitesse, etc). Il se compose d'un plastron d'escrime divisé en trois panneaux égaux de couleurs différentes et correspondant à des

lampes de mêmes couleurs situées au-dessus. Au centre du plastron se trouve une zone neutre de 6 c/m de côté. Ce plastron est doublé d'un fin treillage métallique. La lame du fleuret employé a 0 m. 86 de long. Le sujet qui, à l'apparition d'un signal sensoriel (lumière ou son) doit se fendre et toucher le plastron, est placé à une distance de celui-ci telle que, fendu, sa lame étant ployée, forme un arc dont la corde est de 0 m. 82.

Treillage et fleuret (muni d'une pointe) forment ainsi un circuit électrique qui correspond à celui de la presselle de d'ARSONVAL. Un clavier permettra de diriger l'expérience, c'est-à-dire d'allumer l'une des trois lampes (bleue, rouge, blanche) ou déclancher un signal sonore (type Buzzer). L'allumage d'une lampe ou la mise en marche du signal sonore déclanche l'aiguille du chronographe de d'Arsonval. Le contact de la pointe du fleuret avec le treillage métallique rétablit le passage du courant et arrête l'aiguille.

Le sujet étant averti des mouvements à accomplir, on procède à quatre épreuves qui sont :

1° *Adaptation.* — 10 coups pour rien (lampe et son); le sujet peut toucher tout le plastron. Les résultats ne sont pas inscrits. Repos de trois minutes. 10 coups lampe blanche = tout le plastron; 10 coups son = tout le plastron. Repos cinq minutes. Ces chiffres sont inscrits.

2° *Première observation.* — Réaction de choix simple ou directe, c'est-à-dire n'exigeant qu'un travail psychique minime :

Lampe rouge = Panneau rouge

Lampe blanche = Panneau blanc

Sonnerie = Tout le plastron.

On fait répéter vingt fois.

On fait la moyenne des quatre meilleurs temps
lampe = A.

On fait la moyenne des quatre meilleurs temps
son = C.

On note les erreurs, c'est-à-dire le sujet touchant un panneau qui n'est pas celui correspondant au signal. Repos de 5 minutes.

3° *Deuxième observation.* — Réaction de choix complexe ou indirecte. Le sujet est averti avec soin du travail à exécuter. Ici le travail psychique est plus considérable.

Lampe rouge = Panneau bleu

Lampe blanche = Panneau rouge

Sonnerie = Panneau blanc.

20 coups, puis repos de 5 minutes.

Moyenne des quatre meilleurs temps lampe = B.

— son = D.

4° *Troisième observation.* — Réaction simple.
Test de vitesse neuro-musculaire.

Lampe blanche = Tout le plastron.

Sonnerie = Tout le plastron

Sans repos 10 coups : lampe
suivis de 10 coups : son.

Moyenne des quatre meilleurs temps lampe = E.

son = F.

$$\begin{array}{r} \text{Temps total lumière} \frac{A+B}{2} \\ \text{son} \frac{C+D}{2} \end{array}$$

A + B

Si nous retranchons de cette moyenne $\frac{A+B}{2}$

le temps de réaction simple (E) nous aurons l'indice de réflexion lumière (I^l). Il en sera de même pour l'indice de réflexion son.

$$\begin{array}{r} \frac{A+B}{2} - E = I^l \\ \frac{C+D}{2} - F = I^s \end{array}$$

REMARQUES

1. Dans l'utilisation de l'appareil que nous venons de décrire, les auteurs se sont arrêtés au mouvement de fente de l'escrimeur, ce mouvement mettant en jeu presque toute la musculature. Les chiffres ainsi obtenus paraissant exprimer beaucoup mieux la valeur neuro-motrice d'un sujet que l'utilisation du seul chronographe électrique de d'Arsonval qui ne demande qu'un mouvement de pression du pouce sur la presselle. La différence des résultats obtenus dans les temps de réaction simple résulte précisément de la différence de modalité des deux appareils.

2. Chez un sujet donné, les indices de réflexion (lumière et son) sont sensiblement égaux, mais le plus souvent en faveur de l'indice son (quelques centièmes de seconde).

3. Les temps de réactions de choix directes et complexes présentent entre eux une différence proportionnelle à l'indice de réflexion.

4. Les erreurs sont régulièrement plus nombreuses pour les sensations visuelles que pour les sensations sonores.

5. Enfin, pour illustrer ce que nous venons d'écrire sur les réactions de choix, nous rapportons les temps (obtenus par la méthode ci-dessus) de quatre élèves de l'Ecole supérieure d'éducation physique de Joinville. Ces observations, choisies dans la belle collection

du Dr BELLOT, montrent bien qu'en considérant la formule :

Temps de réaction de choix = vit. neuro-musc. + vit. de réflexion.

les variations de ces temps peuvent porter aussi bien sur le premier que sur le second facteur de cette somme.

Deux de nos sujets sont des athlètes entraînés à différents sports, ainsi qu'à l'escrime. Nous verrons plus loin que l'entraînement raccourcit la durée de réaction.

	(t. de choix)		Vitesse neuro-mus- culaire	Indice de réflexion	en 1/100° de seconde
Sujet n° 1 Our	65,43	=	52,75	+ 12,68	
Sujet n° 2 Hau	66,12	=	42	+ 24,12	

Ce qui apparaît à première vue chez le sujet N° 1 c'est que la durée du temps de choix est courte grâce à la brièveté du temps de réflexion, tandis que chez le sujet N° 2 le raccourcissement porte sur le premier terme, c'est-à-dire sur le facteur neuro-musculaire.

Remarquons que le sujet N° 1 n'a commis aucune erreur d'interprétation des signaux; le second sujet ayant trois erreurs (lumière) à son actif.

Voici maintenant deux observations de sujets non entraînés :

	(t. de choix)		Vitesse neuro-mus- culaire	Indice de réflexion	
Sujet n° 3....	80,37	=	54,75	+ 25,62	8 erreurs
Sujet n° 4....	77,91	=	64,25	+ 13,66	3 erreurs

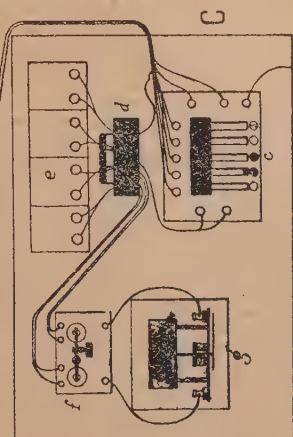
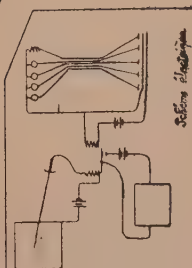
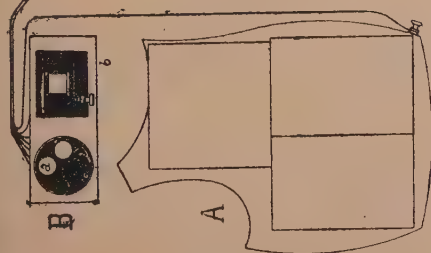
auxquels nous pouvons appliquer les mêmes remarques qu'à 1 et 2.

6. Comme nous le démontrons à la fin de ce travail pour les réactions simples, les temps de réaction de choix s'allongent avec la fatigue. L'entraînement produit un effet contraire : le raccourcissement de la durée de réaction de choix portant à la fois sur le facteur neuro-musculaire et sur le facteur cérébral (indice de réflexion). Si l'entraînement se rapporte à ce dernier élément (sports d'adresse, de vitesse), celui-ci sera raccourci et inversement. Au cours de l'âge mûr, le sujet cessant de s'entraîner, son temps de choix augmente. Cette augmentation est beaucoup plus importante pour le facteur musculaire que pour le facteur psychique. Ce dernier conservant fort longtemps la rapidité et la régularité acquise par des exercices pratiqués pendant la jeunesse.

APPAREIL à RÉACTIONS PSYCHO-MOTRICES

Légende

- A. Plaque conductrice à paramètre coloré amortisseur
- B. Tableau de signaux
- C. Tableau de manipulations
- D. Tableau de contact à points limités
- E. Batterie de 4 accumulateurs (14 210 M)
- F. Relais électromécanique
- G. Chronographe électrique à 3 bornes
- H. Liaisons électriques



VARIATIONS DES TEMPS DE REACTIONS PSYCHO-MOTRICES SIMPLES AVEC LA FATIGUE MUSCULAIRE

La fatigue inflige à l'organisme des modifications qui portent :

1° Sur l'état physiologique général (urines, sang, variation des échanges et du métabolisme.

2° Sur les systèmes particuliers (circulatoire, respiratoire, nerveux (coordination, adresse, précision, vitesse).

3° Sur la valeur fonctionnelle des différents systèmes.

a) musculaire (diminution de la force, de la résistance, de l'amplitude, de la régularité, de la coordination, du contrôle, de la vitesse musculaire).

b) sensoriels : modification des sensations tactiles simples (pression, algésimétrie) complexe (esthésiométrie), sens baresthésique ; sensation musculaire (notion de résistance, de position, sens des attitudes segmentaires, d'équilibre).

c) D'autres modifications portent sur la perception des couleurs, sur l'« acuité visuelle », sur la persistance de sensation lumineuse, sur le pouvoir d'accommodation, sur l'acuité auditive. La fatigue semble enfin provoquer un allongement des temps de réaction psycho-motrice.

« Sous l'influence de la fatigue, le temps de réaction nerveuse s'allonge. L'exercice et l'entraînement produisent des effets contraires. L'allongement du temps de réaction nerveuse est dû à l'atténuation de l'attention. BUCCOLA a dit que l'équation personnelle peut être considérée comme le dynamomètre de l'attention. Mosso a constaté que dans les excursions alpestres, les accidents les plus graves survenaient après le passage des endroits les plus difficiles. L'attention longtemps tenue en éveil diminuait sensiblement. » (J. IOTYKO.)

Cet allongement semble plutôt proportionnel à l'intensité du travail qu'à sa durée.

« Tel pilote aura 300 heures de vol qui fera son service avec facilité, tel autre au contraire qui n'a que 10 heures de vol très dur se plaindra de fatigue, qui lui empêche tout travail sérieux.

C'est là que les réactions rendent d'inappréciables services. Grâce à la méthode des réactions aux impressions sensorielles, nous verrons que les réactions de pilote fatigué sont toujours plus ou moins ralenties

et surtout présentent un degré très net d'instabilité. »
(MAUBLANC et RATIÉ.)

M. BOIGEY, à l'aide de l'appareil de Starling (Page 8) a recherché l'allongement du temps de réaction psycho-motrice au cours de la fatigue chez différents athlètes.

Cet appareil donne une zone normale de temps de réaction variant entre $4/100^{\circ}$ et $35/100^{\circ}$ de seconde. Ces valeurs, surtout en ce qui concerne les temps les plus faibles, sont assez éloignées des chiffres constatés par les autres auteurs. Nous les signalons néanmoins en ne leur donnant qu'une valeur comparative.

Lutteur peu entraîné :

Au repos, $10/100^{\circ}$ de seconde ;

Après un assaut de lutte de 20 minutes, $24/100^{\circ}$ de seconde.

Coureur :

Au repos, $7/100^{\circ}$ de seconde ;

Après 1.000 mètres, $13/100^{\circ}$ de seconde ;

Après 2.000 mètres, $20/100^{\circ}$ de seconde.

Escrimeur très entraîné, très rapide :

Au repos, $4/100^{\circ}$ de seconde ;

Après assaut de 35 minutes, $14/100^{\circ}$.

Escrimeur entraîné :

Au repos, $6/100^{\circ}$;

Après 24 minutes assaut : $10/100^{\circ}$.

Après 35 minutes assaut : $21/100^{\circ}$ (fatigue).

CONCLUSIONS

La fatigue ralentit la vitesse des réactions. Ce ralentissement est d'autant plus accusé que la fatigue est plus grande.

Un homme non entraîné a un temps de réaction qui lui est propre. Avec les progrès de l'entraînement, ce temps de réaction diminue jusqu'à un minimum, qui ne peut être réduit davantage.

Lorsqu'un sujet entraîné cesse de s'exercer et perd les bénéfices de son entraînement, la durée minima du temps de réaction qui lui est propre augmente et revient peu à peu au temps enregistré avant la période d'entraînement. En d'autres termes, le système neuro-moteur qui avait acquis de la vitesse par l'exercice perd cette qualité quand l'exercice est délaissé.

Au cours d'une période d'entraînement, la diminution progressive de la durée du temps de réaction est l'indice de l'amélioration apportée par l'exercice dans le fonctionnement du système neuro-moteur. Au contraire, l'allongement du temps de réaction atteste soit la fatigue, soit la perte de la « condition » spor-

tive. Outre la fatigue, la chaleur atmosphérique, lorsqu'elle est accablante, le froid, l'insomnie, les préoccupations morales, l'ensoleillement, la digestion allongent la durée du temps de réaction.

Le temps de réaction a une constance remarquable tant que le sujet considéré se trouve entraîné et en bonne condition. C'est parmi les escrimeurs que nous avons rencontré les temps de réaction les plus courts. Notons enfin qu'il est des sujets à réaction neuro-motrices constamment ralenties, d'autres sont très instables : tantôt ralentis, tantôt normaux, tantôt accélérés (1).

Un autre auteur a également recherché l'allongement des temps de réaction simple provoqués par la fatigue (CORDONNIER, thèse Lille, 1920 : Les modifications des temps de réaction nerveuse au cours du travail musculaire).

La méthode est la même que celle que beaucoup d'auteurs ont employé (enregistrement électrique). Les observations sont faites sur un groupe de jeunes élèves d'une école professionnelle. Le travail imposé consiste à limer un morceau de fer pendant deux heures.

Les résultats sont les suivants : au bout de deux heures : allongement notable allant jusqu'à 7/100^e de seconde des réactions optiques.

(1) M. BOIGEY. *Manuel Scientifique d'Education physique*. Paris. Payot et Cie. P. 439 et 440.

Les réactions acoustiques sont plus stables : augmentation légère de durée.

Les réactions tactiles ont diminué de durée dans la majorité des cas (contrairement aux opinions généralement admises).

Voici une série d'expériences communiquées par M. le Professeur agrégé L. BINET :

EXPÉRIENCE N° 1. — *Marche sur le tapis roulant* (réactions auditives) à plat, vitesse 6 km. à l'heure.

Avant la marche	18, 17, 18, 19, 19, 17, 17, 17, 17, 17	moy. 17,6
Après 10 min..	25, 22, 22, 26, 24, 26, 25, 20, 22	moy. 21,2
Après 20 min..	20, 22, 22, 20, 21, 21, 20, 27, 22, 22	moy 21,8
Arrêt	18, 19, 20, 20, 17, 20, 22, 18, 19, 20	moy. 19,3
Après 5' de repos	18, 19, 17, 18, 20, 17, 19, 17, 19, 17	moy. 17,9

EXPÉRIENCE N° 2. — *Marche en montée : inclinaison 20 % pendant 30 minutes*, vitesse 3 km. 60 à l'heure.

Avant	17, 17, 17, 15, 15, 17, 19, 17, 17, 17	moyenne 16,8
Après 10'..	17, 17, 19, 19, 22, 22, 19, 19, 17, 17	moyenne 18,8
Après 20'..	19, 19, 17, 19, 25, 19, 17, 22, 17, 17	moyenne 18,6
Après 30'..	17, 17, 19, 22, 17, 19, 18, 19, 17, 17	moyenne 18,2
Arrêt	17, 17, 17, 15, 15, 15, 17, 17, 17, 19	moyenne 16,6

(Vitesse facteur important)

EXERCICE N° 3. — *Descente 20 %, 4 km. à l'heure.*

Avant	19, 18, 17, 17, 20, 17, 17, 21, 18, 18	moyenne 18,2
Après 10'..	21, 20, 20, 20, 17, 20, 23, 24, 25, 26	moyenne 21,6
Après 20'..	21, 20, 19, 19, 19, 17, 21, 20, 23, 21	moyenne 20,0
Après 30'..	19, 19, 20, 21, 20, 23, 22, 20, 20, 20	moyenne 20,4
Arrêt	19, 18, 17, 17, 17, 17, 19, 20, 17, 17	moyenne 17,8

ALLONGEMENT DES TEMPS DE REACTION RETOUR AU CALME

Dans nos expériences, nous nous sommes servis pour la mesure des temps de réaction psycho-motrice du chronographe électrique de d'Arsonval.

Nous avons provoqué l'apparition de la fatigue chez nos sujets en les faisant pédaler pendant un temps donné sur une bicyclette ergométrique imaginée par le Professeur J. P. LANGLOIS (adaptation d'un frein de Prony sur une bicyclette fixe, le frein agissant par l'intermédiaire d'un levier sur un dynamomètre).

Soit P : poids lu au dynamomètre.

L : 0 m. 25 la longueur du bras de levier.

n : 120 le nombre de coups de pédale par minute.

(Nous donnions ce même rythme dans chacune de nos expériences grâce à un métronome.)

t : la durée de l'expérience

Le rendement de l'appareil étant de $8/10^{\circ}$, le travail serait donné par :

$$T = \frac{P \times L \times 2 \pi \times 120 \times 10}{8} \times t$$

EXPÉRIENCE N° 1. — Bicyclette sans résistance, 75 coups de pédale à la minute. — Sujet A :

Avant	18, 19, 21, 21, 18, 17, 17, 19, 20, 18	moyenne 18,8
Après 10'..	19, 20, 19, 21, 18, 20, 19, 21, 19, 18	moyenne 19,4
Après 20'..	21, 22, 21, 21, 19, 22, 23, 22, 19, 19	moyenne 21,9
Après 30'..	20, 23, 22, 21, 20, 20, 22, 19, 21, 20	moyenne 20,8
Arrêt	19, 19, 19, 19, 21, 17, 19, 18, 19, 19	moyenne 18,9

EXPÉRIENCE N° 2. — Bicyclette, 75 coups de pédale à la minute. — Sujet B :

Avant	21, 21, 22, 20, 21, 24, 20, 22, 20, 22	moyenne 21,3
Après 10'..	24, 25, 22, 20, 20, 20, 22, 25, 20, 20	moyenne 21,8
Après 20'..	23, 23, 25, 23, 25, 20, 22, 23, 20, 20	moyenne 22,3
Après 30'..	20, 20, 22, 23, 23, 21, 22, 24, 21, 25	moyenne 22,1
Arrêt	20, 20, 22, 20, 21, 20, 22, 23, 22, 23	moyenne 21,3

(Communiquées par M. le P^r agrégé BINET.)

Sujet N° 1. — 22 ans, musculature au-dessus de la moyenne non entraîné.

Travail 10'. Métronome 120. Dynamomètre 7 kgs.

Réactions avant le travail. Pouls : 72.

R. auditives ...	14, 13, 14, 15, 14, 13, 15, 14, 16, 17	moy. 14,5
R. visuelles ...	24, 21, 20, 21, 21, 23, 21, 20, 21, 22	moy. 21,4
R. tactiles ...	12, 13, 15, 19, 16, 16, 17, 18, 18, 17	moy. 16,1

5 minutes après travail. Pouls : 140.

R. auditives ...	16, 30, 29, 16, 20, 18, 20, 20, 23, 19	moy. 21,1
R. visuelles ...	19, 28, 28, 22, 22, 22, 21, 19, 24, 25	moy. 23,0
R. tactiles ...	18, 14, 29, 17, 19, 18, 16, 23, 17, 19	moy. 17,8

15 minutes après travail. Pouls : 96.

R. auditives ...	18, 18, 17, 17, 20, 17, 20, 20, 17, 23	moy. 18,7
R. visuelles ...	22, 18, 20, 22, 24, 23, 21, 21, 22, 20	moy. 21,3
R. tactiles ...	18, 15, 14, 15, 15, 14, 15, 17, 15, 18	moy. 15,6

Remarque. — Réactions homogènes. Modifications légères sauf pour les auditives où le maximum d'instabilité et d'allongement se trouve 7 minutes après le travail. Les réactions tactiles sont très peu allongées (elles ont été prises sur la nuque).

VARIATIONS DES TEMPS DE RÉACTION AVEC LA FATIGUE

FATIGUE EXPERIMENTALE

MESURES DES RÉACTIONS AUDITIVES APRÈS TRAVAIL



- 1. - Métronome
- 2. - Frein
- 3. - Dynamomètre



- 4. - Cadran du Chronographe
- 5. - Presse
- 6. - Marteau
- 7. - Plaque sonore

Sujet N° II. — Même sujet que I.

Même travail. 21 minutes au lieu de 10. 2 k. 3 au lieu de 7.

Métronome : 120.

Réactions avant travail. Pouls : 76 :

R. auditives ... 14, 16, 14, 15, 15, 19, 15, 17, 15, 16 moy. 15,6

R. visuelles 20, 20, 20, 23, 18, 22, 18, 22, 20, 23 moy. 20,6

5 minutes après le travail. Pouls : 160.

R. auditives ... 13, 16, 13, 15, 12, 20, 23, 24, 16, 30 moy. 18,1

R. visuelles 21, 23, 21, 24, 20, 22, 23, 24, 25, 22 moy. 22,5

20 minutes après le travail. Pouls : 116.

R. auditives ... 20, 18, 10, 12, 13, 13, 15, 20, 16, 20 moy. 15,7

R. visuelles 23, 20, 23, 22, 28, 20, 20, 23, 22, 20 moy. 22,0

25 minutes après le travail. Pouls : 114.

R. auditives ... 14, 13, 14, 14, 13, 10, 22, 25, 13, 10 moy. 12,8

R. visuelles 24, 18, 20, 20, 20, 20, 25, 20, 19, 20 moy. 20,6

Remarques. — Allongement notable. Retour au calme entre 16 et 20 minutes pour réactions auditives, entre 20 et 25 minutes pour les visuelles.

Sujet III. — 22 ans, musculature moyenne, non entraîné.

Travail 30 minutes. Métronome : 120. Dynamomètre : 3 kgs. Accélération du pouls pendant le travail

0' : 68, 10' = 120, 20' = 120, 30 = 138

Temps de réaction avant le travail :

Réactions auditives 18, 23, 17, 21, 20 moyenne 19,8

Réactions visuelles 21, 15, 30, 20, 16 moyenne 20,4

Temps de réaction 2 minutes après travail. Pouls : 102.

Réactions auditives 23, 15, 17, 17, 29 moyenne 20,2

Réactions visuelles 22, 21, 23, 24, 15 moyenne 22

Temps de réaction 7 minutes après travail Pouls : 96.

Réactions auditives 14, 16, 18, 17, 19 moyenne 16,8

Réactions visuelles 23, 24, 19, 22, 21 moyenne 21,8

Temps de réaction 12 minutes après travail. Pouls : 90.

Réactions auditives 18, 20, 17, 17, 16 moyenne 17,6

Réactions visuelles 30, 30, 17, 27, 20 moyenne 24,8

Temps de réaction 20 minutes après travail. Pouls : 72.

Réactions auditives 20, 22, 16, 25, 12 moyenne 21
 Réactions visuelles 17, 20, 15, 20, 20 moyenne 18,4

Remarques. — Réactions visuelles instables au repos, allongement des réactions auditives ; allongement notable des réactions visuelles avec maximum d'allongement et d'instabilité 12 minutes après l'arrêt du travail.

Retour à la normale après vingt minutes de calme.

Sujet IV. — 25 ans, musculature moyenne, peu entraîné.

Travail : 30 mintes. Métronome : 120. Dynamomètre : 3 kgs.

Temps de réaction avant le travail :

Réactions auditives 16, 19, 15, 14, 19 moyenne 16,6
 Réactions visuelles 25, 27, 20, 28, 27 moyenne 25,4
 Réactions tactiles 20, 13, 15, 17, 19 moyenne 16,8

Temps de réaction 5 minutes après travail.

Réactions auditives 14, 20, 23, 24, 15 moyenne 19,2
 Réactions visuelles 34, 22, 32, 28, 33 moyenne 29,8
 Réactions tactiles 32, 29, 15, 21, 24 moyenne 24,2

Temps de réaction 10 minutes après le travail.

Réactions auditives 15, 31, 16, 27, 14 moyenne 21,6
 Réactions visuelles 31, 22, 34, 30, 27 moyenne 28,8
 Réactions tactiles » » » » »

Temps de réaction 20 minutes après travail.

Réactions auditives 15, 12, 19, 10, 15 moyenne 14,2
 Réactions visuelles 27, 19, 20, 21, 18 moyenne 21
 Réactions tactiles » » » » »

Remarques. — Allongement net de tous les temps. Parallélisme pour le retour au calme qui a lieu entre 10 et 20 minutes après le travail. Les réactions tactiles ont été prises sur le mollet gauche.

Sujet V. — 18 ans, musculature inférieure à la moyenne, non entraîné.

Travail : 20 minutes. Métronome : 120. Dynamomètre : 3 kgs.

Temps de réaction avant le travail. Pouls : 68.

Réactions auditives	19, 23, 20, 23, 20	moyenne 21
Réactions visuelles	22, 17, 20, 27, 25	moyenne 22,2
Réactions tactiles	24, 15, 18, 22, 18	moyenne 19,4

Temps de réaction 2 minutes après travail. Pouls : 124.

Réactions auditives	25, 27, 20, 23, 17	moyenne 22,4
Réactions visuelles	30, 21, 18, 15, 20	moyenne 20,8
Réactions tactiles	26, 23, 29, 36, 28	moyenne 26,4

Temps de réaction 15 minutes après travail. Pouls : 96.

Réactions auditives	14, 24, 21, 23, 20	moyenne 20,4
Réactions visuelles	23, 23, 30, 20, 19	moyenne 23
Réactions tactiles	21, 26, 20, 25, 26	moyenne 24,4

Temps de réaction 25 minutes après travail. Pouls : 76.

Réactions auditives	20, 25, 26, 20, 14	moyenne 21
Réactions visuelles	23, 20, 22, 18, 19	moyenne 20,4
Réactions tactiles	15, 24, 23, 18, 23	moyenne 20,6

Remarques. — Allongement net par travail. Retour au temps initial entre 15 et 25 minutes. Réactions tactiles mollet gauche.

Sujet N° VI. — 17 ans 1/2, musculature plus que moyenne, très entraîné.

Travail : 20 minutes. Dynamomètre : 3 kgs. Métronome : 120.

Avant le travail. Pouls : 80.

Réactions auditives	25, 26, 23, 18, 19	moyenne 22,2
Réactions visuelles	24, 27, 22, 18, 20	moyenne 22,2
Réactions tactiles	23, 20, 17, 23, 22	moyenne 21

2 minutes après travail. Pouls : 104.

Réactions auditives	30, 16, 18, 23, 18	moyenne 21
Réactions visuelles	28, 28, 20, 22, 18	moyenne 21,2
Réactions tactiles	20, 17, 23, 22, 19	moyenne 20,2

5 minutes après travail. Pouls : 92.

Réactions auditives	24, 26, 20, 19, 20	moyenne 21,8
Réactions visuelles	25, 27, 24, 17, 16	moyenne 21,8
Réactions tactiles	27, 20, 20, 20, 19	moyenne 21,2

Remarques. — Réactions lentes, mais homogènes. Peu de modifications. Tactiles prises à la nuque.

Sujet N° VII. — 24 ans, bonne musculature, très entraîné

Travail : 20 minutes. Dynamomètre : 3 kgs. Métronome : 120.

Avant le travail.

R. auditives ... 14, 12, 12, 12, 11, 17, 17, 15, 10, 12 moy. 13,2

R. visuelles ... 21, 21, 20, 21, 19, 20, 24, 20, 29, 20 moy. 21,5

2 minutes après le travail.

R. auditives ... 13, 15, 10, 10, 11, 12, 17, 10, 13, 14 moy. 12,5

R. visuelles ... 20, 25, 20, 27, 26, 18, 18, 20, 25, 20 moy. 21,9

10 minutes après le travail.

R. auditives ... 10, 10, 10, 15, 11, 13, 13, 13, 15, 15 moy. 12,5

R. visuelles ... 23, 20, 21, 21, 22, 20, 20, 20, 23, 23 moy. 21,3

Remarques. — Très grande homogénéité. Aucune modification.

Sujet VIII. — Bonne musculature, très entraîné.

Dynamomètre : 7 kgs. Métronome : 120. Durée : 15 minutes.

Réactions avant travail. Pouls : 68.

R. auditives ... 15, 16, 17, 18, 15, 16, 17, 17, 13, 15 moy. 15,9

R. visuelles ... 23, 20, 20, 20, 22, 20, 21, 24, 20, 19 moy. 20,9

5 minutes après travail. Pouls : 108.

R. auditives ... 16, 18, 16, 16, 20, 20, 22, 14, 15, 15 moy. 17,2

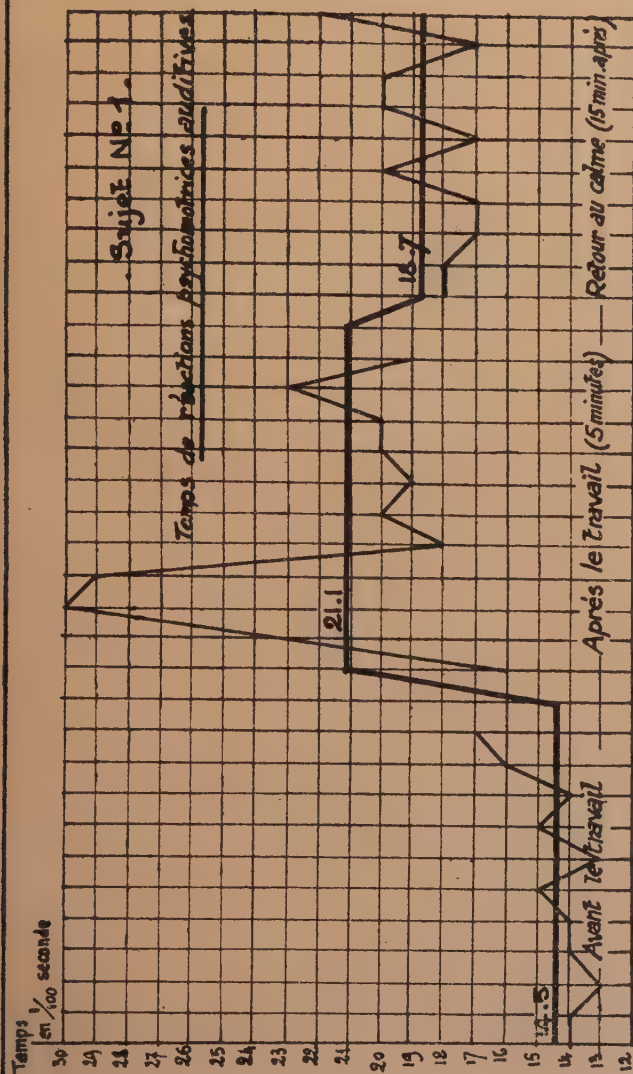
R. visuelles ... 23, 22, 23, 25, 18, 24, 20, 22, 20, 22 moy. 21,9

10 minutes après travail. Pouls : 80.

R. auditives ... 17, 12, 14, 14, 14, 14, 14, 17, 18 moy. 14,8

R. visuelles ... 22, 20, 19, 19, 19, 20, 23, 18, 22, 18 moy. 19

Remarques. — Sujet entraîné, modifications légères. Retour au calme rapide parallèlement au pouls.



La courbe ci-dessus représente les variations des Temps de réactions auditives du Sujet No 1. Le trait fort représente la moyenne arithmétique de 10 temps de réactions ; avant le travail — 5 minutes après — et 15 minutes après. Les Accidents du Travail fin expriment les variations des Temps auditifs autour de leur moyenne.

Remarque : 5 minutes après le travail l'augmentation de la moyenne et les irrégularités de la courbe (indice de variabilité très élevé) Après 15 minutes de calme, les Temps ne sont pas encore revenus à leurs valeurs normales.

Sujet N° IX. — 24 ans, musculature au-dessous de la moyenne, non entraîné.

Travail : 15 minutes. Dynamomètre : 3 kgs. Métro-
noime : 120.

Avant travail.

R. auditives ... 21, 15, 30, 21, 13, 16, 16, 22, 17, 21 moy. 19,2

R. visuelles 18, 17, 15, 19, 19, 18, 18, 24, 15, 20 moy. 18,3

2 minutes après travail.

R. auditives ... 18, 15, 22, 12, 13, 14, 20, 16, 20, 21 moy. 17,1

R. visuelles 20, 19, 19, 18, 23, 17, 20, 21, 23, 26 moy. 20,7

7 minutes après travail.

R. auditives ... 12, 16, 15, 15, 14, 16, 14, 19, 20, 20 moy. 16,1

R. visuelles 24, 18, 25, 20, 19, 21, 17, 19, 20, 21 moy. 20,4

18 minutes après travail.

R. auditives ... 14, 16, 14, 18, 14, 10, 15, 17, 18, 18 moy. 15,4

R. visuelles 23, 27, 20, 21, 25, 23, 23, 32, 23, 23 moy. 23,0

32 minutes après travail.

R. auditives ... 15, 12, 12, 19, 15, 20, 10, 14, 14, 13 moy. 14,4

R. visuelles 21, 20, 20, 20, 19, 18, 34, 18, 16, 19 moy. 20,5

Remarques. — Très grande instabilité des temps visuels même au repos. Phénomène paradoxal pour les temps auditifs. Allongement des temps visuels persistant 32 minutes après l'arrêt du travail.

CONCLUSIONS

I. — Dans chacune des expériences que nous rapportons, nous avons toujours observé un allongement des temps de réaction avec la fatigue.

II. — Cet allongement porte sur toutes les réactions (visuelles, auditives et tactiles), il est plus marqué pour les réactions auditives.

III. — L'allongement des réactions tactiles est plus marqué lorsqu'il s'agit de la sensibilité d'une partie du corps qui a travaillé (mollet) que lorsqu'il s'agit d'une partie n'ayant pas pris part au travail (nuque).

IV. — L'allongement des temps de réaction semble proportionnel à l'accélération du pouls, par conséquent au degré de fatigue.

V. — Ce qui caractérise le plus la fatigue, en plus de l'allongement des temps de réaction, c'est leur instabilité (écarts moyens plus considérables).

VI. — Chez quelques-uns de nos sujets très entraînés au sport, par conséquent résistants à la fatigue, l'allongement est minime (moins de cinq centièmes de seconde). Chez eux, le pouls ne s'accélère que très peu. Le retour au calme est presque immédiat.

VII. — Chez presque tous nos sujets peu entraînés au travail physique, le retour à l'état initial a lieu entre 12 et 18 minutes après la cessation de ce travail. (Travail de 30 minutes ; métronome : 120 ; dynamomètre : 3 kgs.) A ce moment, le pouls est encore accéléré.

VIII. Le retour au temps initial est d'autant plus rapide que le sujet est plus résistant, que le travail est moins long et moins intense et que le sujet présentait avant le travail des temps de réaction plus homogènes.

Vu : *Le Doyen,*

H. ROGER.

Vu : *Le Président,*

H. ROGER.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

- J. AMAR. — Le moteur humain. Paris, Dunod, 1914.
- ANDERSON (H. GRAENE). — La sélection des candidats pour le service de l'air.
- H. BELLOT. — L'examen médical en éducation physique. Paris, Librairie des arts et des sports, 4, rue Milton, 1925.
- J. BEYNE et H. BEHAGUE. — Contribution à l'étude des temps de réaction psycho-motrices. *Gazette des Hôpitaux*, 6 et 7 juin 1922, n° 44, page 709 à 711, 1926.
- LÉON BINET. — Recherches sur le tremblement. Thèse médecine, Paris, 1918.
- LÉON BINET. — Le mal des aviateurs et la sélection des pilotes militaires. *Revue générale des sciences*, 15 octobre 1917.
- M. BOIGEY. — *Manuel scientifique d'éducation physique*. Paris, 1923, Payot et C^{ie}, éditeur.
- J. CAMUS. — Compte rendu de la Société de Biologie, 21 juin 1919, tome LXXXII.
- J. CAMUS et H. NEPPER. — Mesure des réactions psychomotrices des candidats à l'aviation. *Paris-médical*, 18 mars 1916.
- D. CORDONNIER. — Les modifications des temps de réactions nerveuses au cours du travail. Thèse médicale, Lille, 1920.
- V. DHERS. — Essai de critique théorique des tests de fatigue. Thèse médecine, Paris, 1924.
- P. BEHAGUE. — Conférence devant la Commission scientifique de l'Aéro-Club de France, 27 mai 1921.
- P. BEHAGUE et J. BEYNE. — Etude des temps de réaction chez l'homme normal. *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, 8 mai 1922.
- G. GALEOTTI. — *Giornale de medicina militare*, 1^{er} janvier 1919.
- A. GEMELL. — Dell'applicazione di metodi psicofisici all'eisame dei candidati all'aviazione militare. Congresso della Società per il progresso delle scienze, aprile 1919.

- P. GRADENIGO et A. HERLITZKA. — *Giornale medicina militare*, Rome, 1919, pages 162 à 165.
- L. GUILLAIN et L. AMBARD. — L'étude des réactions psychomotrices au point de vue de l'aptitude des pilotes aviateurs. *Compte rendu à la Société de Biologie*, 14 juin 1919, t. LXXXII, f. 663.
- J. LAHY. — La sélection physiologique des travailleurs, conducteurs de tramways et d'autobus. Paris, Dunod, 1927, p. 43 à 70.
- J. JOTEYKO. — La fatigue. Flammarion, Paris, 1920.
- A. MOSSO. — La fatigue intellectuelle et physique. Paris, Félix Alcan, 1908.
- MARTIN FLACK. — Tests for the selection of pilots of the air force nature, 23 may 1919.
- A. NEPPER. — Recherches sur l'aptitude à l'aviation. Méthode des Docteurs Jean Camus et A. Nepper. *Bulletin de l'Institut générale psychologique*, 1917, n° 1 et 3.
- PIERON. — Recherches sur les variations du temps de latence sensorielles en fonction des intensités, excitation psychologique, t. XX.
- A. VINCENT. — La méthode Camus-Nepper à la sélection d'aviateurs. *Compte rendu de la Soc. de Biologie*, 17 avril 1920, t. LXXXIII, page 512.

